

PUB-NO: JP02000218442A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000218442 A

TITLE: ELECTRIC DISCHARGE MACHINE AND METHOD OF FLUSHING IN ELECTRIC DISCHARGE MACHINING

PUBN-DATE: August 8, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

HARA, SOTOMITSU

OKAMOTO, KIYOKAZU

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

MITSUTOYO CORP

APPL-NO: JP11020678

APPL-DATE: January 28, 1999

INT-CL (IPC): B23 H 7/26

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To efficiently discharge molten impurities from electric discharge liquid during electric discharge machining.

SOLUTION: A machining tool 12 is arranged in the vicinity of a workpiece 10, and is applied with a voltage within electric discharge liquid so as to effect electric discharge for machining the workpiece 10. A spindle 16 is moved in a thrust direction by magnetic actuators 18, 20 so as adjust the gap between the workpiece 10 and the machining tool 12 while the spindle 19 is ultrasonically vibrated by in response to signals from an ultrasonic wave carrier generating circuit 26 so as to effect ultrasonic cavitations in the electric discharge liquid in order to expel molten impurities. The ultrasonic vibration is effected, for example, during such a period that no voltage pulses for electric discharge is applied.

COPYRIGHT: (C)2000, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-218442

(P2000-218442A)

(43) 公開日 平成12年8月8日(2000.8.8)

(51) Int.Cl.

B 2 3 H 7/26

識別記号

F I

B 2 3 H 7/26

テマコード(参考)

E 3 C 0 5 9

審査請求 未請求 請求項の数10 OL (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-20678

(22) 出願日 平成11年1月28日(1999.1.28)

(71) 出願人 000137694

株式会社ミットヨ

神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号

(72) 発明者 原 外満

茨城県つくば市上横場430番地の1 株式会社ミットヨ内

(72) 発明者 岡本 清和

茨城県つくば市上横場430番地の1 株式会社ミットヨ内

(74) 代理人 100075258

弁理士 吉田 研二 (外2名)

Fターム(参考) 3C059 AA01 AB07 CH06 CH08 CJ06

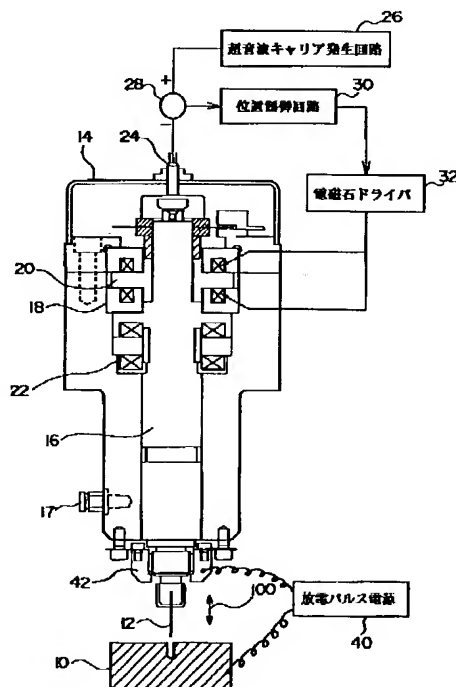
DC03 DE08 EA02 EA03 HA14

(54) 【発明の名称】 放電加工機及び放電加工のフラッシング方法

(57) 【要約】

【課題】 放電加工において、放電液体中の溶解屑を効率的に排出する。

【解決手段】 加工ツール12はワーク10の近傍に配置され、放電液体内で電圧を印加して放電させ、ワーク10を加工する。スピンドル16を磁気アクチュエータ18、20でスラスト方向に移動させてワーク10と加工ツール12との間隔を調整すると共に、超音波キャリア発生回路26からの信号によりスピンドル16を超音波振動させ、放電液体内に超音波キャビテーションを起こさせて溶解屑を排出する。超音波振動は、例えば放電用の電圧パルスが印加されていない期間に実施される。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 導電性の加工ツールと、

前記加工ツールを回転駆動するスピンドルと、  
前記加工ツール及び前記加工ツールに対して放電液体空間内で近接配置された導電性被加工物体に所定時間幅を有する電圧パルスを所定時間間隔で印加して放電させる電圧印加手段と、  
前記スピンドルをスラスト方向に音波ないし超音波振動周波数で往復駆動する往復駆動手段と、  
を有し、前記加工ツールと前記被加工物体との間に超音波キャビテーションを生ぜしめることを特徴とする放電加工機。

【請求項2】 請求項1記載の放電加工機において、前記往復駆動手段は、  
前記スピンドルを非接触で磁気浮上させ、かつスラスト方向位置を制御するフィードバック制御回路と、  
前記フィードバック制御回路に超音波キャリア信号を重畳する重畳回路と、  
を有することを特徴とする放電加工機。

【請求項3】 請求項2記載の放電加工機において、前記フィードバック制御回路は、  
前記スピンドルをスラスト方向に駆動する磁気アクチュエータと、  
前記スピンドルのスラスト方向位置を検出する検出手段と、  
前記検出手段からの検出信号に基づいて前記磁気アクチュエータに駆動信号を供給する位置制御手段と、  
を有することを特徴とする放電加工機。

【請求項4】 導電性の加工ツールと導電性の被加工物体とを放電液体空間内で近接配置し、前記加工ツールと前記被加工物体間に所定時間幅の電圧パルスを所定時間間隔で印加することにより放電させることで前記被加工物体を加工する放電加工のフラッシング方法であって、前記放電加工の所定タイミングで前記スピンドルをスラスト方向に超音波振動周波数で往復振動させることにより前記加工ツールと前記被加工物体との間に超音波キャビテーションを生ぜしめることを特徴とする放電加工のフラッシング方法。

【請求項5】 請求項4記載の方法において、前記所定タイミングは、前記放電加工の全期間であることを特徴とする放電加工のフラッシング方法。

【請求項6】 請求項4記載の方法において、前記所定タイミングは、前記電圧パルスの不印加期間であることを特徴とする放電加工のフラッシング方法。

【請求項7】 請求項4記載の方法において、前記所定タイミングは、前記加工ツールと前記被加工物体間の空間に存在する溶解屑が所定量以上存在する時であることを特徴とする放電加工のフラッシング方法。

【請求項8】 請求項7記載の方法において、前記溶解屑が所定量以上存在するか否かを前記加工ツ

ルと前記被加工物体間の電気抵抗値で決定することを特徴とする放電加工のフラッシング方法。

【請求項9】 請求項8記載の方法において、前記電気抵抗値は、前記電圧パルスの不印加期間と他の前記電圧パルスの間に前記加工ツールと前記被加工物体との間に印加された第2電圧に起因する電流値で検出されることを特徴とする放電加工のフラッシング方法。

【請求項10】 請求項4記載の方法において、前記所定タイミングには、前記スピンドルをさらにスラスト方向に音波振動周波数を重畳させて往復運動させることを特徴とする放電加工のフラッシング方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は放電加工の際に生じる溶解屑の掃き出し（フラッシング）に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、電気的非良導体の放電液体空間内において導電性の加工ツールを導電性の被加工物体（ワーク）に近接配置し、両者間に電圧を印加して放電しワークを加工する放電加工が広く行われている。放電加工機の中でも、特にワークに小さな穴を開けるものはワイヤ放電加工機や型形放電加工機と異なり、高精度回転仕様のスピンドルを備えている。スピンドルにより加工ツールを回転させながら放電加工を行うことで、真円度の高い穴をワークに形成することができる。

【0003】一方、放電加工においてはワークの溶解屑が発生する。穴が浅い場合には放電液体の自然的あるいは強制的な循環により溶解屑は自動的に排出されるが、穴径が小さくかつ穴が深くなると放電液体の循環のみでは溶解屑の排出は困難となる。なお、放電液体の強制循環は、例えば加工ツールを中空パイプ状とし、このパイプを用いて放電液体を加圧することにより行われる。

【0004】そこで、従来より、ある程度の深さまでワークを加工する度に加工ツールを、その加工ツールを回転保持しているスピンドルごと切り込み方向から逃がし、加工ツールを被加工物体内に形成された穴の中で往復運動させることで放電液体を穴から掃き出し、溶解屑を放電液体とともに排出していた。

【0005】図3には、この時の時間に対する放電電圧とスピンドルのスラスト方向変位の関係が示されている。放電電圧は50～100V、パルス間隔は5～500μs、パルス幅は2～50μsが一般的である。加工の一例としては、約10秒間の間電圧パルスを印加し続け、その間にスピンドルは切り込み方向（図3では下方）に徐々に切り込みを行っていく。その後、一旦スピンドルを引き上げて逃がし、再度引き上げ直前と同位置へ位置決めする。この逃がし期間は約2秒間である。その後、再度電圧パルスを印加して加工を継続することを繰り返す。溶解屑はこの逃がし期間のスピンドル往復運動によるポンプ作用又は攪拌作用により放電液体と共に

穴から排出される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来のフラッシング方法では、加工ツールと穴との隙間から放電液体が漏れて逆流する場合も少なくなく、特に穴底に存在する溶解屑の排出が困難である問題があった。

【0007】また、フラッシング時にはスピンドル全体をテーブルごとピストン運動させているので動きが遅く隙間漏れも生じやすい問題があった。

【0008】さらに、フラッシングは放電加工を一時中断して行うため、排出の低効率を補うべくフラッシングを頻繁に行うとワークの加工効率が低下してしまう問題があった。

【0009】本発明は上記従来技術の有する課題に鑑みなされたものであり、その目的は、ワークに形成された穴が深い場合でも放電加工の加工効率を徒に低下させることなく確実に溶解屑を排出することができる放電加工機及び放電加工のフラッシング方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、第1の発明は、導電性の加工ツールと、前記加工ツールを回転駆動するスピンドルと、前記加工ツール及び前記加工ツールに対して放電液体空間内で近接配置された導電性被加工物体に所定時間幅を有する電圧パルスを所定時間間隔で印加して放電させる電圧印加手段と、前記スピンドルをスラスト方向に音波ないし超音波振動周波数で往復駆動する往復駆動手段とを有し、前記加工ツールと前記被加工物体との間に超音波キャビテーションを生ぜしめることを特徴とする。スラスト方向に往復駆動することで生じる超音波キャビテーションにより、加工穴に存在する溶解屑を放電液体とともに確実に排出することができる。より具体的には、超音波により発生する気泡の移動あるいはその気泡が割れることによる洗浄効果により溶解屑が排出される。

【0011】また、第2の発明は、第1の発明において、前記往復駆動手段は、前記スピンドルを非接触で磁気浮上させ、かつスラスト方向位置を制御するフィードバック制御回路と、前記フィードバック制御回路に超音波キャリア信号を重畳する重畳回路とを有することを特徴とする。フィードバック制御回路に超音波キャリア信号を重畳させることで、簡易な構成でスピンドルを超音波振動させることができる。

【0012】また、第3の発明は、第2の発明において、前記フィードバック制御回路は、前記スピンドルをスラスト方向に駆動する磁気アクチュエータと、前記スピンドルのスラスト方向位置を検出する検出手段と、前記検出手段からの検出信号に基づいて前記磁気アクチュエータに駆動信号を供給する位置制御手段とを有することを特徴とする。

【0013】また、第4の発明は、導電性の加工ツールと導電性の被加工物体とを放電液体空間内で近接配置し、前記加工ツールと前記被加工物体間に所定時間幅の電圧パルスを所定時間間隔で印加することにより放電させることで前記被加工物体を加工する放電加工のフラッシング方法であって、前記放電加工の所定タイミングで前記スピンドルをスラスト方向に超音波振動周波数で往復振動させることにより前記加工ツールと前記被加工物体との間に超音波キャビテーションを生ぜしめることを特徴とする。スラスト方向に往復駆動することで生じる超音波キャビテーションにより、加工穴に存在する溶解屑を放電液体とともに確実に排出することができる。

【0014】また、第5の発明は、第4の発明において、前記所定タイミングは、前記放電加工の全期間であることを特徴とする。放電加工の期間に超音波キャビテーションを生じさせることで、溶解屑を確実に排出して放電加工の精度を向上させることができる。

【0015】また、第6の発明は、第4の発明において、前記所定タイミングは、前記電圧パルスの不印加期間であることを特徴とする。電圧パルスの不印加期間に実施することで、放電加工効率を低下させることなく溶解屑を排出できる。

【0016】また、第7の発明は、第4の発明において、前記所定タイミングは、前記加工ツールと前記被加工物体間の空間に存在する溶解屑が所定量以上存在する時であることを特徴とする。溶解屑が所定量以上存在する場合にのみ超音波キャビテーションを生じさせることで、加工効率を向上させることができる。

【0017】また、第8の発明は、第7の発明において、前記溶解屑が所定量以上存在するか否かを前記加工ツールと前記被加工物体間の電気抵抗値で決定することを特徴とする。溶解屑は導電性であるため、溶解屑の量は加工ツールと被加工物体間の導電性（具体的には両者間の放電液体の導電性）に影響を与える、したがって、両者間の電気抵抗を計測することで、簡易かつ高精度に溶解屑の量を計測することができる。

【0018】また、第9の発明は、第8の発明において、前記電気抵抗値は、前記電圧パルスの不印加期間と他の前記電圧パルスとの間に前記加工ツールと前記被加工物体との間に印加された第2電圧に起因する電流値で検出されることを特徴とする。加工ツールと被加工物体間の電流値の大小を検出することで、両者間の電気抵抗値、ひいては溶解屑の量を簡易かつ高精度に計測することができる。

【0019】また、第10の発明は、第4の発明において、前記所定タイミングには、前記スピンドルをさらにスラスト方向に音波振動周波数を重畳させて往復運動させることを特徴とする。スピンドルの往復運動による被加工物体の加工穴中の放電液体入れ替えタイミングで超音波キャビテーションを生じることで、加工穴の底に存

在する溶解屑も確実に排出することができる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づき本発明の実施形態について説明する。

【0021】図1には、本実施形態の放電加工機の構成が示されている。ワーク10に近接してタングステンや銅タングステンなどの加工ツール12が配置され、ワーク10と加工ツール12間には電気的・非良導体である水や鉍物油などの放電液体が満たされる。加工ツール12はスピンドル外筒14内のスピンドル16先端に取り付けられており、モータ22で回転駆動される。スピンドル16は空気流入レセプタクル17から流入した空気で支持される。

【0022】また、スピンドル16には磁気アクチュエータ（回転側）20が設けられ、スピンドル外筒14に設けられた磁気アクチュエータ（固定側）18と磁気的相互作用し、スピンドル16は非接触で浮上支持されている。スピンドル外筒14の上部にはスピンドルのスラスト方向（回転軸に沿った方向）の位置を検出するスラスト変位センサ24が設けられ、検出した信号を出力する。

【0023】スピンドル16、すなわち加工ツール12のスラスト方向位置を制御する回路として、スラスト変位センサ24からの位置検出信号に基づいてワーク10に所望の穴を形成するために必要なスラスト方向位置を割り出し制御信号を出力する位置制御回路30、位置制御回路30からの制御信号に基づいて磁気アクチュエータ18を駆動する電磁石ドライバ32に加え、スピンドル16（あるいは加工ツール12）をスラスト方向に超音波振動周波数で往復駆動するためのキャリア信号（20kHz以上の正弦波信号）を発生する超音波キャリア発生回路26と超音波キャリア信号を位置検出信号に重畳する加算器28が設けられている。超音波キャリアは通常、正弦波が用いられるが矩形波でもよい。スラスト変位センサ24、位置制御回路30、電磁石ドライバ及び磁気アクチュエータ18はフィードバック回路を構成し、スピンドル16のスラスト方向位置を所望の位置に制御することでワーク10と加工ツール12との間隔を調整し、かつ、超音波キャリア信号によりスピンドル16をスラスト方向に微小量だけ超音波振動周波数で振動させ、放電液体に超音波キャビテーションを生じさせる。すなわち、磁気アクチュエータ18、20はスピンドル16のスラスト方向位置を制御することでワーク10と加工ツール12との間隔を調整する機能と、スピンドル16をスラスト方向に超音波振動周波数で振動させる機能を有する。

【0024】このような構成において、ワーク10を加工する場合には加工ツール12のスラスト方向位置をフィードバック回路で調整しながら放電パルス電源40からワーク10及び加工ツール12に所定の時間幅かつ所

定の時間間隔で電圧パルスを印加してワーク10と加工ツール12間に放電を起こさせ加工し、かつ所定のタイミングでスピンドル16をスラスト方向に超音波振動させて（図中矢印100で示される方向）放電液体とともに溶解屑をワーク10の穴から速やかに排出する。なお、ブラシ42はスピンドル16へ通電するためのものである。

【0025】ここで、スピンドル16（あるいは加工ツール12）を超音波振動させるタイミングは任意であり、放電加工中は常に超音波キャリア信号を位置検出信号に重畳させて常に超音波キャビテーションを発生させることも可能である。

【0026】また、ワーク10と加工ツール12に放電用の電圧を印加していない期間、すなわち電圧パルスの不印加期間にスピンドル16を超音波振動させることも好適である。具体的には、ワーク10と加工ツール12に電圧を印加する電源の駆動を制御する公知の電源制御回路からの信号を加算器28に供給し、電源から電圧パルスを供給しない不印加期間に限って加算器28は超音波キャリア発生回路26からの超音波キャリア信号を位置検出信号に重畳させ、ワーク10の穴と加工ツール12との間の放電液体に超音波キャビテーションを生じさせる。この電圧パルスの不印加期間は、図3では逃がし期間に相当する。

【0027】また、電圧パルスの不印加期間にスピンドル16を超音波振動させる場合、不印加期間の全てで振動させるのではなく、放電液体内の溶解屑が所定量以上存在する場合にのみスピンドル16を超音波振動させて溶解屑を排出するのにも効率的である。さらには、溶解屑が所定量となるまで連続して電圧パルスを印加し、所定量となったことを検出してから電圧パルスを停止して溶解屑を排出してもよい。

【0028】具体的には、加算器28に電源制御回路からの信号と溶解屑が所定量以上存在することを示す信号を供給し、両信号に基づいて超音波キャリア発生回路26からの超音波キャリア信号を位置検出信号に重畳すればよい。もちろん、これは電圧パルスの不印加期間に限らず実施してもよい。

【0029】なお、溶解屑の量は任意の方法で計測することができるが、溶解屑は導電性であることからワーク10と加工ツール12との間の放電液体の電気抵抗値を計測することで溶解屑の量を計測することができる。すなわち、溶解屑の量と電気抵抗値とは負の相関があり、電気抵抗値が減少するほど溶解屑は多く存在することになる。そこで、例えば、ワーク10と加工ツール12に放電用の電圧よりも低い電圧（直流あるいは交流）を印加し、この低い電圧に起因する電流値を検出することで溶解屑の量を計測できる。そして、溶解屑の量が所定値以上存在するか否かは、低い電圧に起因する電流値が所定値以上か否かで決定することができる。

【0030】ここで、低い電圧の電圧値は、加工ツールが摩耗しない程度の電圧値が選択され、通常1〜2V程度の直流又は交流とされる。この時に、加工ツールと被測定物体間に流れる電流は、通常0.1アンペア程度であるので、溶解屑の量が一定値を超えたか否かの決定は容易である。

【0031】図2には、超音波キャリアにさらに音波キャリアを重ねさせる場合のブロック図が示されている。音波キャリア発生回路50から出力された数kHzの周波数の音波キャリアは、加算器52により超音波キャリアに重畳される。この場合には、スピンドルに超音波振動を与えて放電液体空間内に超音波キャビテーションを発生させる際に、超音波キャリアにさらに音波振動周波数による音波キャリアを重ねさせることができる。この結果、スピンドルは音波振動数でスラスト方向に振動しながら同時に超音波キャビテーションを発生させることになる。加工ツールの音波振動数による往復振動により、被加工物体の加工穴中の放電液体入れ替えと同時に超音波キャビテーションを生じさせることにより、加工穴底に存在する溶解屑はさらに効率よく排出される。

【0032】なお、放電液体の強制循環は、加工ツールを中空パイプ状とし、このパイプを用いて放電液体を加

圧することにより行うが、強制循環時に同時に超音波キャビテーションを発生させる構成としてもよい。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、ワークに形成された穴が深い場合でも放電加工の加工効率を徒に低下させることなく確実に溶解屑を排出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態の構成図である。

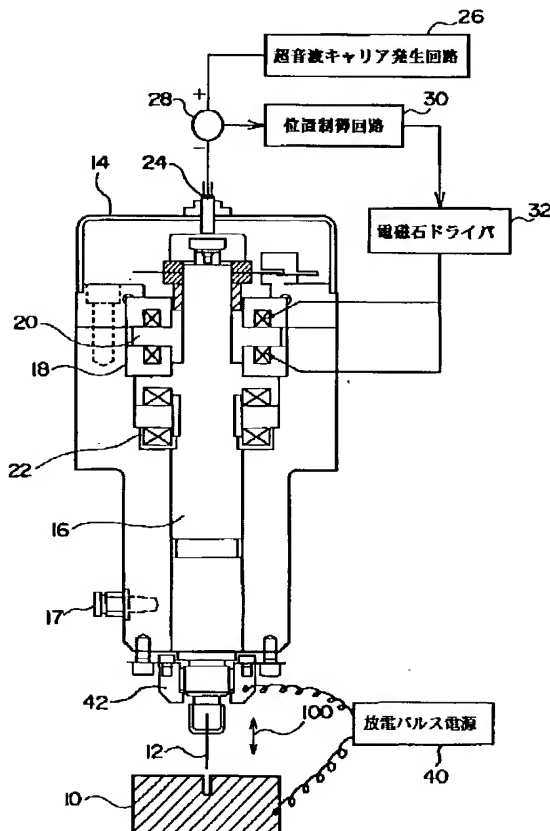
10 【図2】 本発明の他の実施形態における制御回路の構成図である。

【図3】 スピンドルの逃がしを示すタイミングチャートである。

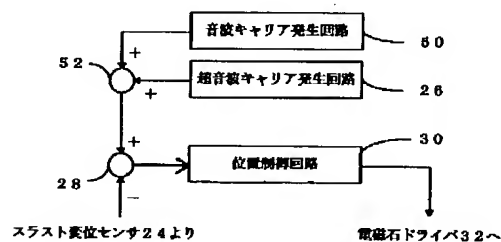
【符号の説明】

10 ワーク、12 加工ツール、14 スピンドル外筒、16 スピンドル、17 空気流入レセプタクル、18 磁気アクチュエータ（固定側）、20 磁気アクチュエータ（回転側）、22 モータ、24 スラスト変位センサ、26 超音波キャリア発生回路、28 加算器、30 位置制御回路、32 電磁石ドライバ、40 放電パルス電源、42 ブラシ、50 音波キャリア発生回路。

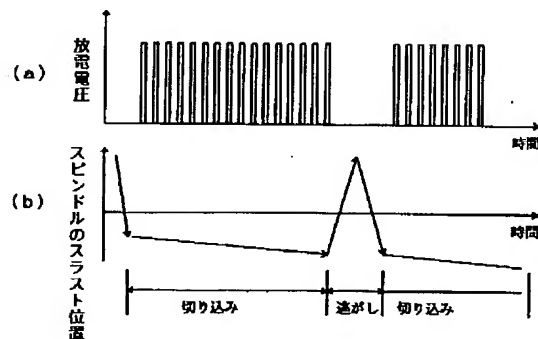
【図1】



【図2】



【図3】



## 【手続補正書】

【提出日】平成11年2月10日(1999. 2. 10)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項9

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項9】 請求項8記載の方法において、前記電気抵抗値は、前記電圧パルスと他の前記電圧パルスの間に前記加工ツールと前記被加工物体との間に印加された第2電圧に起因する電流値で検出されることを特徴とする放電加工のフラッシング方法。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】また、第9の発明は、第8の発明において、前記電気抵抗値は、前記電圧パルスと他の前記電圧パルスの間に前記加工ツールと前記被加工物体との間に印加された第2電圧に起因する電流値で検出されることを特徴とする。加工ツールと被加工物体間の電流値の大小を検出することで、両者間の電気抵抗値、ひいては溶解屑の量を簡易かつ高精度に計測することができる。